

機械工学科

渡邊 則彦 教授



専門分野 数値流体力学・空気力学・空力音響

最終学歴 千葉大学大学院 自然科学研究科
生産科学専攻修了(平成10年9月)

学位 博士(工学)(千葉大学)

職歴 航空宇宙技術研究所(現 JAXA), 理化学研究所,
米・Wright 州立大学 博士課程非常勤指導教員,
株式会社ソフトウェアクレイドル



<はじめに>

本研究室では流体を扱います。流体と聞くと何やらつかみどころがなく、特に力学的なイメージがつかみにくいものという印象があると思います。しかしながら、水や空気など、私たちの生命維持や生活のためには欠かすことができない流体は数多くあります。また、機械工学という観点から見れば、流体を原動力とする、あるいは流体を駆動する機械がたくさんあります。流体は、このようにすべからずエネルギー源として、あるいはエネルギー伝達の担い手として重要な役割を持っています。流体の運動を知るとはエネルギー輸送の基礎を考える上でもとても大切です。

ただし、前述のように流体の運動を力学の理論のみで評価することは難しい側面があることも事実であり、一般に実験や数値解析(数値シミュレーション)による調査研究手段も多用されます。本研究室では計算機(PC等)で流れやそれに伴う熱の動きを計算によって再現し、それらを視覚的に分かりやすくする可視化できるシミュレーション解析技術(数値流体力学:CFD)を用いて、流体の運動をより容易に理解できる工夫をしながら、流体の持つさまざまなエネルギーの効率的利用技術の研究を行っています。

<研究内容>

1. 流体騒音予測法の研究

流れの変化によって音が出ることがあります。例えば、笛は吹き込まれた空気をくさびで分断し、分断された流れが作る渦の周期的変化である音色と音程を持つ音を出しています。またクラリネットでは空気を吹き込むと同時に振動を与え、その振動に共鳴した空気の変動が独特の音色を作ります。このような楽器のような音だけでなく、強風が吹いたときの風切音や、換気扇のファンが出す雑音のような騒音も流体の運動によって出てきます。このような騒音を流体騒音と呼びます。

音は空気の密度が周期的に変化する、密度の波(音波)です。この音波を作るエネルギーが流体の運動エネルギーや熱エネルギーから供給されます。つまり意図しない音が出る流体機械は、うるさいだけでなくエネルギー効率の点からも問題があります。

流体騒音はその静音化の対策が一般に困難です。なぜならば、音の源つまり音源と、音が伝わる媒質が同じ流体であり、物理的に防音壁をつくるなどの有効な遮音対策のほとんどを施すことができません。音源となる流体の運動と音の伝わり方を

同時に調べ、運動エネルギーを効率よく保ったまま音源をなるべく作らない流れのパターンを根気よく探すしかありません。

本研究では図1に示すような電子機器の空冷に用いられる比較的小さな口径のファンの低騒音化を目標に、ファン周りの精緻な流れの数値解析を行い、またその結果を基に騒音レベルを直接計算する解析モデルの研究開発を行います。音波の挙動は非定常性が強いのですが、統計的手法から、定常流の解析解から音波の分布を予測する方法を考えています。図2はファン回りの騒音分布の一解析例ですが、まだ精度的には十分ではありません。より簡単で精度の高い騒音解析モデルができれば、従来と比べて数百分の一の計算時間で騒音の大きさを予測することが可能になります。これによって、より多くのファンの騒音解析が可能になり、さらに低騒音の、またエネルギー効率の高いファンの設計が行える可能性が高くなります。

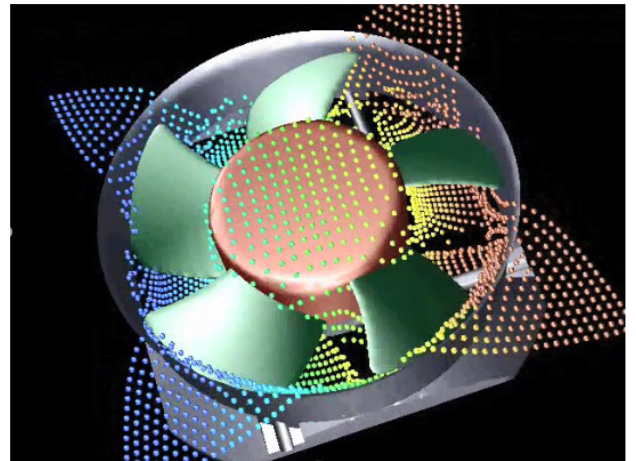


図1: 小径ファンの流れの数値可視化例

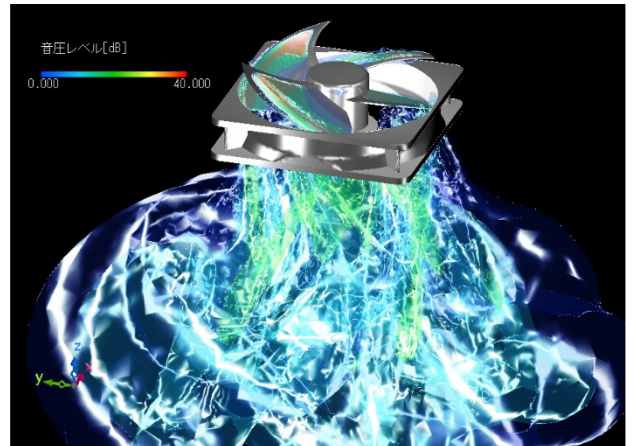


図2: 小径ファン周りの騒音圧レベル

2. 物体周りの流れの渦構造の解析

海を進む船、風を切って走る自動車、はては向かい風の中を歩く私たち...は、流体の抵抗を受けています。このように、流体の中にそれと異なる速度の物体があれば、物体は流体による抵抗を受けます。抵抗力の大きさはもちろん直接物体に当たる流れの動圧に影響されますが、実際には物体に沿う流れの様子や下流側の流れのパターンも強く影響します。物体下流の流れを後流 (wake) と呼び、一般に複雑な構造を持つ渦を伴う流れになり、大きな抵抗源となります。渦を伴う流れを精度良く調べることは、流体抵抗を減らし、流体機械のエネルギー効率を高める上で重要なことなのですが、流体の数値解析ではこの渦の動きを精緻に再現することが難しいという問題があります。

本研究では、数値解析法と渦構造の捕捉精度の関係性を調べます。図3はジェットエンジンなどに用いられる空気の圧縮機内の翼列周りの流れの渦構造を解析した例です。翼に空気が当たった部分では気流が巻き上がり渦を生じています。この渦は翼に沿って気流方向に旋回し、翼に沿うスムーズな流れのパターンを崩します。これも抵抗力源となります。しかしながらこの渦のパターンは実験結果と比較して若干異なっており、解析の精度向上が必要だと思われまます。精度向上には様々な方法が考えられますが、この研究では乱流を表現する解析モデルの精度に着目して精度向上を考察します。

研究は数値解析の結果を実験測定結果と比較しながら進めます。その過程では航空宇宙システム工学科と実験を行う機会も予定しています。

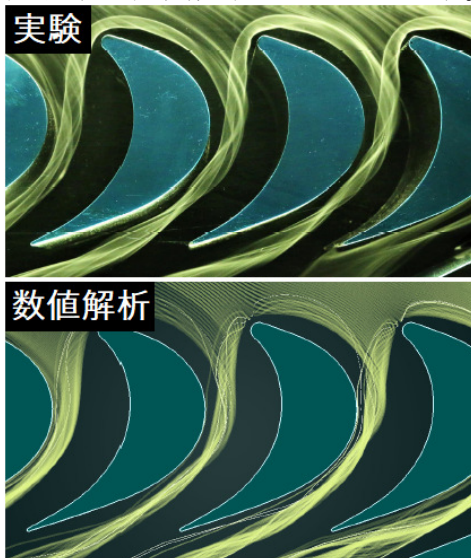


図3: 翼列間流れの渦構造の解析
上は実験、下は数値解析による可視化結果

3. その他

自身で CAD を用いて解析モデルを作ることができ、どのような流れをどういう目的で調べてみたい、という提案があれば、研究プロセスと一緒に相談した上で積極的に卒業研究のテーマとして取り上げたいと思っています。

図4は乗用車の空力特性解析の例ですが、この乗用車は CAD でコンセプト設計されたもので市

販されているものではありません。図5はドローンのローター周りの騒音分布の解析例です。これは実際のドローンから卒業生が CAD で形を起こしたものです。このように CAD で形が作れば好きな機械に関わる流れも解析できます。是非自分のテーマで研究してみたい、という人は遠慮なく相談してください。

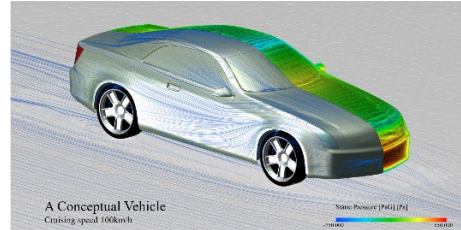


図4: 仮想のセダン車周りの気流解析

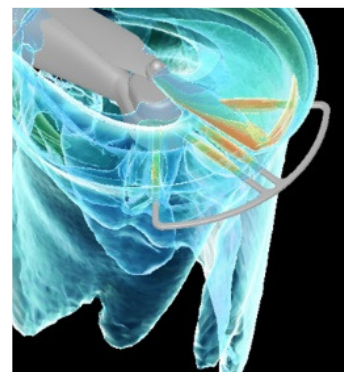


図5: ドローンのローター周りの空力騒音分布

<おわりに>

研究とは試行錯誤の繰り返しです。1ヶ月や2ヶ月で結果が出るような幸運は稀にしかありません。自身が予測する結果に対して、試行錯誤の中で自らのアイデアを出し続け、それを地道に試して自らの予測を修正しながら一定の結果を出すことを目指す、そのような根気の要る活動です。加えて、数値解析は机上で行う作業がほとんどで、輪を掛けて地味な作業となるかもしれません。従って、自身の仮説に対して地道に真摯に向き合える人に適していると思います。

一方で、数値解析は様々なアイデアを比較的早く試行できる手段であり、また計算機の中での仮想実験ですので一見危険と思われる試行や、全く実験ができない突飛もない試行も可能です。アイデアをどんどん試すのには最適でしょう。研究室の設備は決して潤沢ではありませんが、その代わりアイデアで補って行きたいと思っています。また、最近はメーカーでの機械設計に流体や熱の数値解析が取り入れられることが増えており、そのような解析ツールに習熟できる良い機会にもなるでしょう。

1年間という限られた研究期間ではありますが、同時に卒業後の進路を決定する大事な時期でもあります。自身のスケジュール管理は今以上に大切になってきます。時間配分を上手に行いながら楽しく真摯に取り組もう、という皆さんと一緒に研究ができることを楽しみにしています。